Québec

REVUE DE LITTÉRATURE SUR LES DIVERS CONCEPTS DE VERGERS À GRAINES

Par: Thomas Morissette, ing. f.

Service de la régénération forestière
Ministère de l'Énergie et des Ressources

Québec, le 19 janvier 1990

90-03640/

Gouvernement du Québec
Dépôt légal - 1er trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN-2-550-20488-3
Publication no ER90-3003

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont collaboré à la préparation de ce document, en particulier, M. Yves Lamontagne, ing. f., M. Sc.* pour ses judicieuses observations. Par ailleurs, des remerciements sont aussi adressés à l'endroit de Mme Johanne Vallières pour la dactylographie de ce texte.

---

* Responsable de la Division de l'amélioration génétique des arbres du Service de l'amélioration des arbres, à la Direction de la recherche et développement du ministère de l'Énergie et des Ressources.

RÉSUMÉ

La floraison et la fructification sont intimement liées à de nombreux mécanismes et facteurs. Chez la plupart des essences forestières, les arbres produisent périodiquement des fleurs et des semences et ce, à partir d'un certain âge seulement.

L'approvisionnement en semences vise à se faire de plus en plus à partir de plantations spécialisées: les vergers à graines. L'utilisation de ces derniers doit être intégrée aux programmes d'amélioration génétique développés en vue de sélectionner, améliorer et reproduire les arbres ayant des caractéristiques désirables.

Avec l'évolution des techniques nous en venons à distinguer les vergers à graines conventionnels et les vergers à graines évolutifs (de nouvelle génération). Les premiers sont surtout destinés à la production en quantité de semences améliorées alors que les seconds visent, de plus, à accélérer la production de matériel sélectionné en vue de l'avancement des travaux d'amélioration génétique. Dans ce dernier cas, nous retrouvons diverses sortes de vergers. L'une d'elles, les vergers à graines sous abri, présente de nombreux avantages par rapport aux vergers conventionnels et peut même représenter une des voies de l'avenir.

TABLE DES MATIÈRES

Page

RÉSUMÉ i

TABLE DES MATIÈRES ii

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES v

1. INTRODUCTION 1

2. BIOLOGIE DE LA FLORAISON ET DE LA FRUCTIFICATION 2

3. GÉNÉRALITÉS SUR LES VERGERS À GRAINES CONVENTIONNELS 3

3.1 Définition et rôle 3
3.2 Types de vergers à graines conventionnels 4
3.3 Gains génétiques escomptés et valeur économique de l'investissement 8
3.4 Problématique des vergers à graines conventionnels 9
3.5 Perspectives et développement concernant les vergers à graines conventionnels 12

4. NOUVEAUX CONCEPTS DE VERGERS À GRAINES 12

4.1 Les minis vergers à graines intensifs 13
4.2 Les vergers à graines biclonaux 14
4.3 Les vergers à graines de plein-frère en haies 14
4.4 Les vergers à graines sous abri 15

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

4.4.1 Principe et objectifs 15
4.4.2 Quelques réalisations dans ce domaine 17
4.4.3 Avantages liés aux vergers à graines sous abri 17
4.4.4 Désavantages liés aux vergers à graines sous abri 19
4.4.5 Aspects production et économie des vergers à graines sous abri 20
4.4.6 Perspectives d'avenir 21

5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 22

LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES UTILISÉS 24

RÉFÉRENCES 29

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU 1	Caractéristiques des vergers à graines clonaux	6
TABLEAU 2	Caractéristiques des vergers à graines de semis	7
TABLEAU 3	Gains génétiques approximatifs escomptés par type d'amélioration, essence et en regard de la croissance en hauteur et en volume	9

LISTE DES FIGURES

Page

FIGURE 1 Schéma de l'amélioration des arbres 5

1. INTRODUCTION

Avec l'avènement d'un vaste programme de reboisement qui vise à reconstituer les stocks ligneux, les besoins en semences se sont accrus considérablement au Québec depuis quelques années. Ainsi, il nous faut récolter en moyenne 10 000 hl de cônes de différentes essences par année (Lamontagne, 1985). Pour ce faire, le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec utilise quatre (4) types de sources d'approvisionnement en semences, soit les peuplements non-classés, les aires de récolte de semences, les peuplements semenciers et les vergers à graines. Actuellement, l'approvisionnement est réalisé à plus de 99% à partir des trois (3) premières; la quatrième n'étant pas encore à l'étape de la production.

À l'aspect quantitatif du programme de reboisement s'ajoute un aspect qualitatif. C'est-à-dire que l'on désire reboiser les sites mal ou insuffisamment régénérés avec des plants de qualité, issus eux-mêmes de semences de qualité, en vue de produire des arbres à croissance rapide, bien adaptés au milieu environnant et résistants aux insectes, maladies ou à tout autre facteur adverse.

Pour arriver à sélectionner, identifier et disponibiliser du matériel amélioré pour le reboisement, un programme d'amélioration génétique des essences forestières a été mis sur pied dès 1969 (Anon. 1985). Plus précisément, le programme d'établissement des vergers à graines a vu le jour en 1976-77 (Lamontagne, 1986). Plus de 2 000 ha de vergers y sont prévus et en 1986, près de 500 ha ont été établis.

Ultérieurement, la majeure partie de l'approvisionnement en semences est censée provenir des vergers à graines. Actuellement, on prévoit que la plupart des vergers à graines ne seront pas en mesure avant l'an 2 000 (Vallée, 1988) de produire les semences nécessaires pour soutenir le programme de reboisement. D'ici là, si rien ne change de façon notable, une bonne part des superficies à reboiser le seront avec des semences génétiquement non-améliorées, à moins que l'on arrive à obtenir de façon accélérée une quantité importante de semences (graines, boutures, etc...) provenant d'une première ou même d'une seconde étape de sélection artificielle (référer au lexique placé en annexe pour la définition des principaux termes techniques utilisés dans ce document).

Le présent rapport vise à faire le point sur l'évolution du concept de verger à graines et est destiné aux personnes intéressées par la question, de plus il fait état de quelques tentatives réalisées un peu partout dans le monde. Celles-ci visent à développer des concepts et des techniques permettant d'accélérer l'amélioration génétique des arbres par le croisement des meilleurs individus, suivi de l'identification des meilleurs clones et croisements et par la production de masse de semences améliorées pour le reboisement.

2. BIOLOGIE DE LA FLORAISON ET DE LA FRUCTIFICATION

Les mécanismes liés à la floraison et à la fructification des arbres forestiers sont complexes et sous-tendent des processus endogènes et plusieurs facteurs externes; cela est fort bien décrit par Owens et Blake (1986) et Matthews (1963), entre autres. Ces derniers reconnaissent, de plus, que la production de fleurs et de semences est grandement influencée par des facteurs tels la température, la lumière, la disponibilité en eau et la photopériode. Par ailleurs, les nombreuses études et observations réalisées dans le passé montrent que la floraison et la fructification peuvent aussi être stimulées, suite à des stress ou des blessures occasionné(e)s de diverses façons.

Ross et al (1985) soulignent qu'une température élevée et un stress hydrique sont les facteurs les plus importants pour une floraison abondante chez plusieurs conifères et que leur période d'application est très critique. Et ceci serait d'autant plus vrai, selon nous, lorsque des petits arbres sont cultivés dans des pots et sous abri (serres).

Les semis de la plupart des espèces ligneuses présentent une période de juvénilité caractérisée par une croissance vigoureuse et par une absence de floraison (Matthews, 1963). Selon les espèces, il faudra attendre entre 1 et 40 années avant d'atteindre un état de floraison. Pour les arbres, particulièrement, il semble que ceux-ci doivent avoir atteint un certain stade de développement (ageing) avant d'être en mesure de fleurir et fructifier.

Sur la base des connaissances acquises et en relation avec les facteurs externes, plusieurs études ont été menées afin de développer des traitements susceptibles de stimuler la floraison chez les arbres. Il est question, entre autres, d'application d'engrais, d'éclaircie, de traitements de stress tels l'annelage, le cerclage, l'étranglement, l'irrigation, etc..., d'élaguage, de greffage, d'utilisation de régulateurs de croissance, etc...(Holst, 1971; Matthews, 1963; Owens et Blake, 1986 et Brazeau et Veilleux, 1976).

Les généticiens forestiers de même que ceux qui travaillent à améliorer les arbres s'intéressent particulièrement à la floraison et à la production de semences. De la connaissance des mécanismes de la floraison et de la fructification dépend le succès de leurs efforts en vue de l'introduction de variétés supérieures et de cultivars améliorés (Matthews, 1963). Par contre, la période de temps séparant les générations successives d'arbres constitue pour eux un obstacle majeur. Il faut donc trouver des moyens pour raccourcir cette période d'attente en intervenant sur les facteurs environnementaux. Ainsi, parce qu'ils se prêtent mieux que les peuplements naturels à l'application de techniques plus efficaces en vue de stimuler la floraison et la fructification et d'accélérer les croisements, les vergers à graines conventionnels et évolutifs (Corriveau et al., 1989) sont très utiles.

3. GÉNÉRALITÉS SUR LES VERGERS À GRAINES CONVENTIONNELS

3.1 Définition et rôle

Chollet (1986) cite la définition suivante fournie par l'O.C.D.E.*, relativement à l'expression "verger à graines", soit "...une plantation de clones ou de descendances sélectionnées, suffisamment isolée ou spécialement gérée pour que les pollinisations exogènes soient

---

* Organisation de Coopération et de Développement Économique.

inexistantes ou faibles, conduite pour une production de graines fréquente, abondante et de récolte aisée". Selon Raitanen (1988), c'est une étape essentielle de tout programme d'amélioration génétique des arbres forestiers.

Les vergers à graines conventionnels, par opposition aux vergers à graines évolutifs (voir section 4), font figure de pionniers parmi les concepts développés par les généticiens forestiers. Ils sont établis selon des règles classiques élaborées avec l'avancement des recherches et à partir de matériel sauvage.

La figure 1 qui suit, illustre sommairement quelques unes des étapes à franchir au cours d'un programme d'amélioration génétique. Parmi la kyrielle d'opération et de tests effectués, nous pouvons localiser la position des vergers à graines conventionnels. Ceux-ci sont situés presqu'au tout début du cheminement, après la sélection des arbres-plus, et doivent permettre de matérialiser les premiers gains génétiques escomptés de la sélection d'arbres supérieurs. Le produit obtenu (graines/boutures) sera orienté vers le reboisement et aussi vers la poursuite du processus d'amélioration; c'est-à-dire vers les vergers à graines évolutifs et la production de semences et de semis supérieurs, par l'entremise de tests de descendances et clonaux, de croisements dirigés, de pollinisation contrôlée et de sélection. Finalement, l'étape ultime du processus d'amélioration génétique est de fournir un matériel génétiquement amélioré aux reboiseurs.

3.2 Types de vergers à graines conventionnels

Fondamentalement, nous retrouvons deux (2) types de vergers à graines conventionnels: les vergers de semis et les vergers clonaux (Lamontagne, 1982). Les principales caractéristiques spécifiques de l'un et l'autre de ces derniers sont présentées aux tableaux 1 et 2. Dans le cas des vergers à graines de semis-plus (tableau 2), on peut remarquer l'emploi d'essences qui sont utilisées habituellement en vergers clonaux (épinette de Norvège, épinette rouge, pin sylvestre et mélèze laricin).

FIGURE 1: SCHÉMA DE L'AMÉLIORATION DES ARBRES

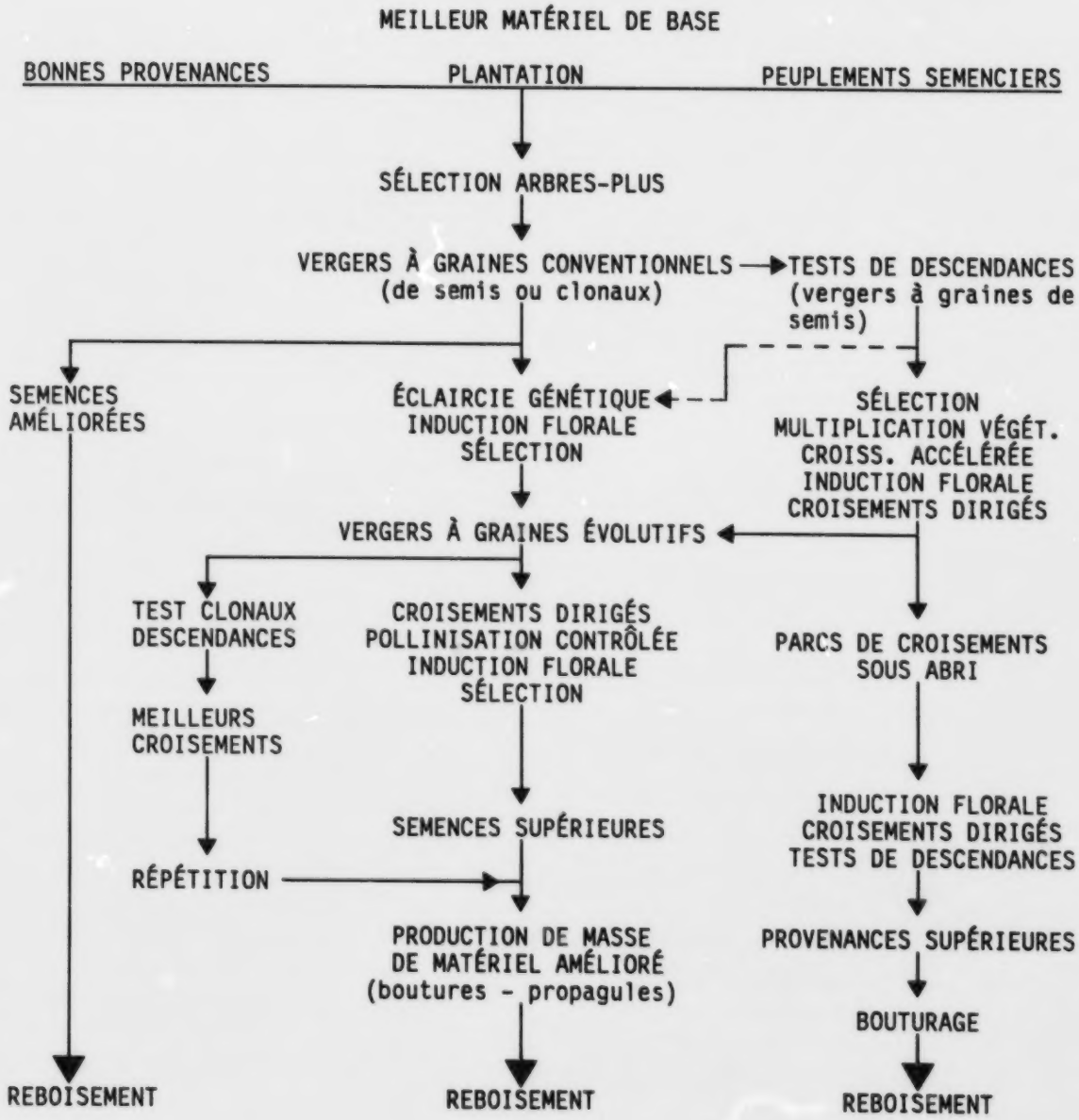

TABLEAU 1: CARACTÉRISTIQUES DES VERGERS À GRAINES CLONAUX

ESSENCES	NBRE MINIMAL DE CLONES PAR ESSENCE	MATÉRIEL DE BASE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Épinette blanche Épinette rouge Épinette Norvège Pin blanc Pin rouge Pin sylvestre Mélèze décidua Mélèze Dunkeld Mélèze laricin	250	Plants greffés; les greffons proviennent d'arbres-plus	Minimise les risques de consanguinité Semences avec génotype connu Peut être établi dans un endroit propice (/conservation du génotype) Production commerciale peut débuter tôt Disponibilité de semences améliorées en cours de test de descendances.	Incompatibilité porte-greffe -greffon Anomalies possibles/l'union porte-greffe-greffon ou dans la forme des arbres Parfois, floraison faible ou nulle du plant greffé Pertes potentiellement importantes dues aux insectes et maladies Grande quantité de plants greffés à planter

Source: Lamontagne, 1978, 1982, 1986 et 1987

TABLEAU 2: CARACTÉRISTIQUES DES VERGERS À GRAINES DE SEMIS

ESSENCES	NBRE MINIMAL DE CLONES PAR ESSENCE	MATÉRIEL DE BASE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Épinette noire Épinette Norvège* Épinette rouge* Pin gris Pin sylvestre* Mélèze laricin* Pin rouge	350	Semences provenant d'arbres-plus Semis-plus en pépinière (les essences marquées d'un astérisque)	Possibilité d'éliminer rapidement les sujets indésirables Possibilité d'installer le V.A.G. et le test de descendances simultanément 3 cycles de sélection dans la même génération Efficace avec les espèces difficiles à greffer Peut être établi tôt (dès que les semences des arbres-plus sont disponibles) Coût d'établissement minime Avantageux avec les essences fructifiant tôt.	Génotype des arbres-parents n'est pas connu Plusieurs années avant une production commerciale Doit être établi dans la zone d'utilisation des semences Requiert plus d'arbres-parents pour un gain génétique appréciable Risque de consanguinité même après élimination des sujets indésirables Un certain risque de non-maintien de la supériorité des semis-plus

Source: Lamontagne, 1978, 1982, 1986 et 1987

* Essences utilisées habituellement dans les vergers à graines clonaux lorsque le matériel de base provient du greffage.

3.3 Gains génétiques escomptés et valeur économique de l'investissement

Les gains génétiques que l'on peut s'attendre d'obtenir, suite à l'utilisation des vergers à graines conventionnels varient selon le type d'amélioration, l'essence et les caractéristiques considérées (tableau 3). Ainsi, par exemple, pour l'épinette blanche, des gains respectifs de croissance en hauteur de 11-27%, 10%, 48% et 15-25% sont anticipés, si on considère soit la récolte sur les meilleurs phénotypes, les peuplements semenciers, les vergers à graines de semis-plus et les vergers à graines clonaux.

Toutefois, il semble que ces données doivent être utilisées avec prudence puisque certaines d'entre elles, interprétées comme gains génétiques par leurs auteurs, peuvent n'être que des pourcentages de supériorité. De plus, cette supériorité obtenue dans des conditions données pourrait différer sous d'autres conditions.

Selon Lamontagne (1982), les études économiques relevées dans la littérature montrent que les investissements consentis à ce genre de production sont justifiés, si les vergers établis à cette fin produisent à pleine capacité. Pour cette raison, leur établissement et leur entretien doivent être planifiés avec soin. Conséquemment, il faudra, en fonction de l'essence visée, prendre en considération un grand nombre de facteurs dont la qualité du site, les superficies nécessaires, la localisation, le type de dispositif, l'espacement requis, la préparation du site, l'entretien après l'installation du verger (contrôle de végétation, amendements, irrigation, etc...), la protection contre le feu, les insectes et les maladies, etc...

TABLEAU 3: GAINS GÉNÉTIQUES APPROXIMATIFS ESCOMPTÉS PAR TYPE D'AMÉLIORATION, ESSENCE ET EN REGARD DE LA CROISSANCE EN HAUTEUR ET EN VOLUME

TYPE D'AMÉLIORATION	ESSENCE	GAINS APPROXIMATIFS (%)	
		HAUTEUR	VOLUME
Récolte sur les meilleurs phénotypes	Épinette blanche Épinette noire	11-27	15,0
Peuplements semenciers pour une zone donnée	Épinette blanche	10	--
	Épinette de Norvège	18-35	35-70
	Épinette noire	5-10	--
	Pin gris	11	--
	Pin rouge	5-15	--
	Pin sylvestre	10-20	30-60
Vergers à graines de semis-plus sélectionnés en pépinière	Épinette blanche	48,3	--
	Épinette noire	10-15	--
	Pin gris	9,1	--
	Pin rouge	35,1	--
Vergers à graines de greffes (clonaux) provenant d'arbres-plus	Épinette blanche	15-25	--
	Pin rouge	--	10-15
	Pin sylvestre	--	10-15

Source: Lamontagne, 1978

3.4 Problématique des vergers à graines conventionnels

Chollet (1986) signale que les vergers à graines français de première et deuxième générations avaient pour but de répondre à une pénurie en semences de qualité génétique. Il faut comprendre dans ce contexte, la lourdeur des techniques utilisées, l'importance des superficies, la variabilité génétique d'une tranche à une autre du programme d'amélioration et l'attention portée à quelques provenances-clés d'essences principales à reboiser. Cette situation n'est pas sans rappeler celle ayant cours au Québec.

La performance des vergers à graines conventionnels est liée à l'aptitude des essences les constituant à fleurir tôt et en abondance, aux sites qui les supportent, aux traitements qui y sont réalisés ainsi qu'à leur environnement. En relation avec ces facteurs et considérant le double contexte où il faut produire de la semence améliorée en vue du reboisement et accélérer la production de matériel (semences, boutures et autres propagules) afin de déterminer les meilleurs croisements, les vergers à graines conventionnels présentent les inconvénients suivants:

- Une phase de juvénilité relativement longue et la fructification périodique qui en découle nuisent à l'évolution des programmes d'amélioration génétique et de production de semences (Ross, 1985; Ross et Pharis, 1981; Corriveau et al, 1989).

- La pollinisation par le vent, dans les vergers traditionnels, est une méthode lente, imprécise et généralement inefficace quant à la production de semences génétiquement améliorées (Ross, 1985; Ross et Pharis, 1981).

- Risques d'autofécondation (Faulkner, 1981; Ross et al, 1985).

- La faible floraison est un obstacle à l'atteinte pleine et entière des bénéfices de l'amélioration génétique (Ross et Pharis, 1981).

- Des difficultés liées à la propagation végétative des ortets; à la prévision de la périodicité et de la quantité de floraison des clones; à l'évaluation du ratio fleurs mâles/femelles; à la détermination de la période de réceptivité femelle et de dispersion du pollen; à la compatibilité sexuelle et finalement, à l'aménagement du sol, de la protection de la récolte et de la cueillette des cônes (Faulkner, 1981).

- La pollinisation artificielle est plus difficile à réaliser, à cause de la taille des arbres (Ross et al, 1985).

- Délai de production assez long (10-15 ans; Ross et al, 1985).

- Limitation de la portée des tests de descendances si le verger est éclairci avant que les résultats soient disponibles (Ross et al, 1985).

- La composition clonale du verger conventionnel est fixée lors de son établissement (Ross et al, 1985).

- La pollinisation, chez les jeunes vergers établis au sol est vraisemblablement un facteur empêchant le bon développement des semences (Ross et al, 1985).

- La semence peut ne pas être adaptée au lieu de plantation lorsque le verger est établi hors site (Ross et al, 1985).

- Le contrôle sur les facteurs adverses du milieu demeure limité.

- Le manque de contrôle sur l'origine du pollen entraîne une réduction considérable des gains génétiques (Ross, 1981; Ross et al, 1985)

- Le nombre de traitements susceptibles de stimuler la floraison et la fructification dans les vergers conventionnels est limité (Ross et Pharis, 1981).

- Les vergers à graines conventionnels immobilisent de grandes étendues de terrain, particulièrement lors de leur établissement (Faulkner, 1981).

3.5 Perspectives et développement concernant les vergers à graines conventionnels

Konishi (1985) signale que dans les provinces canadiennes, les vergers à graines conventionnels sont encore à un stade très jeune de production ou même à un niveau de sous-développement. Par ailleurs, Vallée (1989) parle d'une production suffisante de semences par l'ensemble des vergers à graines du Québec, vers l'an 2000.

D'autre part, Konishi (1985) indique que des progrès devront être accomplis dans le développement et l'établissement des vergers à graines conventionnels si ceux-ci doivent devenir la source majeure d'approvisionnement en semences. Par ailleurs, Ross et Pharis (1981) sont d'avis que les vergers à graines conventionnels, en dépit de leurs limitations, peuvent devenir une méthode de production plus efficace et moins dispendieuse si on arrive à développer des techniques de stimulation de la production.

Donc, l'avenir des vergers à graines conventionnels, lorsque ceux-ci sont nécessaires, semble résider dans le développement de techniques d'installation et d'aménagement plus efficaces et à un moindre coût.

4. NOUVEAUX CONCEPTS DE VERGERS À GRAINES

L'état des besoins de connaissances en amélioration génétique des arbres forestiers ajouté à certains désavantages inhérents aux vergers à graines conventionnels ont amené le développement de nouveaux types de vergers à graines. Ainsi, dans la littérature, nous retraçons les informations concernant, entre autres, les minis vergers à graines intensifs ("mini-intensive orchards"; Faulkner, 1981; Koshi, 1975), les vergers à graines biclonaux ("bi-clonal orchards"; Faulkner, 1981), les vergers à graines en récipients ("container seed orchards"; Ross et al, 1985), les vergers à graines de plein frère en haies ("hedged, full-sibling orchards"; Ross et Pharis, 1981) et les vergers à graines sous abri (voir section 4.4). Ces informations sont résumées dans les pages qui suivent.

4.1 Les minis vergers à graines intensifs

Ceux-ci ont été essayés avec succès en Finlande avec des feuillus à larges feuilles (bouleau, aulne, etc...) aptes à produire beaucoup de semences (Lépisto, 1973; Koshi, 1975). Ils avaient pour but d'induire à un très jeune âge, la floraison et la fructification sur des semis et des plants greffés. Les plants étaient disposés dans des pots et placés sous une serre à toit de plastique, non-chauffée*, de dimensions 16 m X 45 m X 6 m et où l'irrigation et la fertilisation étaient ajustées selon les standards de vergers à graines conventionnels déjà établis. De plus, l'air était enrichi au CO_2.

Les techniques utilisées ont permis d'induire la floraison chez le bouleau blanc européen (Betula pendula (Roth)). De plus, une abondante production de semences fut observée, cinq (5) ans après ensemencement dans un verger à graines expérimental de semis, sous serre. Koshi (1975) a retenu de ces essais qu'il est possible de manipuler la production de semences chez les feuillus à larges feuilles par des méthodes non-conventionnelles d'amélioration génétique. Par ailleurs, le raccourcissement de la période de temps entre la semence et la floraison par l'utilisation de techniques culturales intensives permet l'application de méthodes d'amélioration basées sur plusieurs générations successives. Ces vergers offrent aussi l'opportunité d'une pollinisation artificielle de masse lorsque l'on désire une production régulière d'hybrides valables pour la propagation végétative de masse (Faulkner, 1981).

Ce dernier est aussi d'avis que ce type de verger à graines est idéal avec les feuillus à larges feuilles, à floraison précoce. Toutefois, il semble moins adéquat pour les conifères, considérant des rendements moins élevés en semences, escomptés par unité de surface. Finalement, le concept modifié pourrait être utile avec d'autres espèces fructifiant bien mais ayant de faibles objectifs de reboisement (Lamontagne, 1989**).

---

* Semblable aux tunnels utilisés au Québec pour la culture des plants en récipients.

** Communication écrite.

4.2 Les vergers à graines biclonaux

Faulkner (1981) rapporte l'idée de vergers à graines constitués de deux clones et prenant en considération l'aptitude spécifique au croisement des parents. On y utilise des techniques telles les retardants de croissance ("growth retardants"), la pollinisation de masse ("mass. pollination"), l'utilisation de méthodes mécaniques et chimiques d'induction florale et finalement, de modèles souples ("flexible designs"). Malgré les progrès accomplis, il reste beaucoup d'améliorations à apporter à ce concept.

4.3 Les vergers à graines de plein-frère en haies

Ce type de vergers à graines a été essayé avec le pin de Monterey (Pinus radiata D. Don) en Nouvelle-Zélande et en Australie mais pourrait être adapté à d'autres espèces, selon Ross et Pharis (1981). Ils sont aménagés afin d'obtenir rapidement et de façon soutenue des rendements élevés en semences qui pourraient même être supérieurs, à l'hectare, à ceux obtenus de vergers conventionnels.

Ce sont des vergers à graines clonaux conventionnels où les ramets sont disposés sur une superficie restreinte (haies), à l'extérieur. Celles-ci sont taillées afin de faciliter la pollinisation artificielle, l'application de traitements d'induction florale, la protection et la récolte des cônes. Cette disposition en rangées facilite la synchronisation et l'application de traitements en fonction de clones individuels. Elle permet aussi une utilisation plus efficace du sol. On peut aussi procéder au remplacement de clones inférieurs par de meilleures sélections. Par contre, il y a risque de contamination et, conséquemment, dilution des gains génétiques escomptés.

Les techniques de pollinisation artificielle existent. Il s'agit, dans le futur, de développer des méthodes efficaces et moins dispendieuses pour la manipulation de masse du pollen (récolte, traitement, entreposage et application). L'on envisage aussi d'établir des vergers à graines séparés, soit pour la production de semences ou soit pour la production de pollen.

Finalement, il reste à développer des parents à forte supériorité génétique et avec un haut degré de compatibilité quant à la pollinisation/fertilisation.

4.4 Les vergers à graines sous abri

Selon les ouvrages consultés, diverses appellations sont utilisées afin d'identifier ce concept de vergers à graines dits "évolutifs" selon Corriveau et al, 1989. En premier lieu, nous retraçons les expressions anglaises suivantes: "Indoor potted orchards" (Ross, 1984 et 1985; Ross et Pharis, 1981), "Indoor potted seed orchards" (Ross et al, 1985), "Container seed orchards" (Ross et al, 1985) et "Breeding Halls" (Boyle, 1986). Les trois premières équivalent pratiquement à : "Vergers à graines cultivés en pots sous abri". La quatrième équivaudrait plutôt à: "Parcs de croisements sous abri". Dans le premier cas, on vise la production en masse de semences améliorées alors que dans le second on cherche à reproduire végétativement le meilleur matériel génétique et obtenir, par divers traitements, des semences génétiquement améliorées.

4.4.1 Principe et objectifs

L'objectif principal des vergers à graines, particulièrement les vergers conventionnels, est de produire en abondance des semences de bonne qualité génétique.

Pour les vergers à graines sous abri, on vise plutôt une production accélérée de matériel (semences, boutures, etc...) en utilisant des techniques permettant d'initier la floraison et la fructification sur de très jeunes arbres, soit des semis (1-3 ans) ou des plants greffés (5 ans) (Koshi, 1975; Lépisto, 1973; Ross, 1985). Ceci doit permettre une évolution plus rapide des travaux de recherche en amélioration génétique des essences forestières (Haeussler et Ross, 1981; Tompsett et Fletcher, 1977).

Selon Ross et Pharis (1981), l'idée de cultiver des ramets à l'intérieur et dans des pots, pour accélérer la floraison, n'est pas nouvelle. En effet, les physiologistes qui se sont intéressés aux mécanismes et contrôles de la floraison chez les conifères, ont depuis longtemps préféré utiliser des arbres en pots, soumis à un contrôle strict des facteurs environnementaux et des traitements appliqués (Ross et al, 1985). De plus, nombre de généticiens ont cherché à capitaliser sur les avantages qu'offre cette technologie, soit de favoriser avec plus de facilité une floraison hâtive et un contrôle des croisements subséquents. Cependant, cette technique semble n'avoir été que peu utilisée jusqu'à ces dernières années.

Haeussler et Ross (1981) résument brièvement le principe. Des ramets (2-5 ans) pourraient être cultivés dans des pots, sous abri de polyéthylène (12,2m X 15,2m X 5,2m) non-chauffé, durant deux (2) ou trois (3) années, en vue d'une croissance végétative rapide. Jusqu'à ce qu'ils aient atteint une taille adéquate, des traitements de stimulation de la floraison (par application de gibbérelline ou stress hydrique) pourraient être appliqués sur une base biannuelle, alternant avec une année de maturation des cônes. Au bout d'une dizaine d'années, alors qu'ils sont trop grands pour la culture en pots, les ramets pourraient être transplantés pour constituer immédiatement un verger à graines conventionnel en état de produire.

Pour ce qui est de la durée d'utilisation de ce type de vergers à graines, Ross et Pharis (1981) l'estiment, pour leur part, à 10-15 ans et ce, à la condition que la cime et les racines des arbres soient aménagées. Par la suite, il demeure possible, selon les besoins de constituer soit un verger à graines en haies ou un verger à graines conventionnel.

4.4.2 Quelques réalisations dans ce domaine

Diverses techniques ont été essayées afin de stimuler la floraison chez des jeunes arbres. Les résultats obtenus ont pavé la voie à la venue des vergers à graines sous abri.

Des études réalisées avec des plants greffés d'épinette de Norvège (Picea abies (L.) Karst) ont montré que la couverture des pousses terminales ou de la cime des arbres avec du polyéthylène, durant une période assez longue (juillet-août ou juin-juillet) et combinée ou non avec l'application d'hormones de croissance (GA_3) ont stimulé la production de fleurs mâles (Chalupka 1981), mais non le nombre de greffes en floraison (Chalupka et Giertych (1977)). Par ailleurs, des plants greffés d'épinette de Sitka (Picea sitchensis (Bong.) Carr.), âgés de 4 ans, ont produit 15 fois plus de fleurs mâles et 43 fois plus de fleurs femelles par rapport aux témoins. (Tompsett et Fletcher, 1977). De même, Owens et Blake (1986) rapportent des résultats positifs avec des semis et des greffons en pots, sous abri de polythène. Par contre, ils signalent que la couverture de pins sylvestres (Pinus sylvestris L.) n'a pas stimulé la production de cônes. Pour sa part, Ross (1985) rapporte que la culture de jeunes plants greffés d'épinette d'Engelmann (Picea engelmannii (Parry)) (5 ans) dans des pots et à l'intérieur d'une serre chauffée ont produit des cônes mâles et femelles en abondance.

Finalement, Ross (1985) rapporte plusieurs auteurs qui sont d'avis que l'utilisation de vergers à graines en pots et sous abri est une façon pratique d'obtenir une floraison hâtive et plus fiable chez l'épinette de Norvège.

4.4.3 Avantages liés aux vergers à graines sous abri

Ross (1985) indique que la production de semences améliorées génétiquement, par l'emploi de petits arbres empotés, est faisable biologiquement pour plusieurs espèces de conifères.

Par ailleurs, de nombreuses études montrent que les vergers à graines sous abri offrent le potentiel d'obtenir plus rapidement (à l'âge de 7 ans/à 15 ans pour les vergers conventionnels) et à meilleurs coûts, une plus grande production de semences avec des gains génétiques maximaux possibles (Haeussler et Ross, 1981; Ross et al, 1985; Ross et Pharis, 1981).

Selon les auteurs mentionnés ci-haut, les vergers à graines sous abri présentent plusieurs avantages par rapport aux vergers conventionnels, c'est-à-dire:

- Des conditions environnementales plus favorables à l'induction florale chez les jeunes sujets ainsi qu'à la production et à la maturation des cônes et des semences sur une période de temps soutenu.

- Un meilleur contrôle sur les facteurs température et disponibilité en eau.

- Une meilleure protection des cônes en développement et des semences contre les facteurs adverses, les insectes et les maladies.

- Une meilleure protection contre le pollen indésirable.

- Un contrôle de la source de pollen en vue d'optimiser les gains génétiques.

- L'utilisation possible de la pollinisation contrôlée afin de capitaliser sur des caractéristiques uniques de clones individuels.

- Une plus grande proportion de clones peuvent contribuer à la production de pollen.

- Une flexibilité d'aménagement permettant:

  - de synchroniser les bourgeons reproducteurs en déplaçant les ramets;
  - d'aménager les arbres de plusieurs zones d'aménagement comme un seul groupe, sauf lorsqu'ils doivent être séparés pour l'aménagement du pollen;
  - d'adapter la production en fonction des besoins en semences;
  - une meilleure utilisation du site; ce qui nécessite moins d'espace;
  - l'application plus facile de traitements;
  - la réalisation d'éclaircie ("roguing") et l'insertion de nouveaux clones.

- Une période d'attente réduite entre la sélection et la production de semences pour l'établissement de nouveaux clones.

- La possibilité d'une amélioration génétique continuelle du verger à graines sous abri.

- Méthode de production souhaitable avec des espèces mineures ne justifiant pas l'établissement de vergers à graines conventionnels (Ex.: les cèdres, les pruches ou toute autre espèce dont le potentiel n'est pas encore déterminé).

4.4.4 Désavantages liés aux vergers à graines sous abri

À ce sujet, Ross et Pharis (1981) signalent que les coûts de production élevés constituent le principal désavantage de ce type de verger. De plus, il semble que les techniques utilisées étaient nouvelles et non-éprouvées, au début des années 80. Pour sa part, Raitanen (1981) est d'avis que les techniques d'aménagement doivent être rendues plus efficaces et à moindres coûts.

4.4.5 Aspects production et économie des vergers à graines sous abri

Les auteurs consultés font ressortir quelques points intéressants concernant la production des vergers à graines et des économies qui peuvent en découler.

Ross et al (1985) sont d'avis que les vergers à graines sous abri peuvent être plus efficaces que les vergers conventionnels puisqu'ils favoriseraient une production plus hâtive de semences de qualité génétique supérieure. À titre d'exemple, ils établissent la comparaison entre deux (2) types de vergers à graines (sous abri/conventionnel) d'épinette de l'Intérieur*. Ainsi, pour une même capacité de production annuelle hypothétique de cinq (5) millions de semences viables.

- le verger à graines sous abri nécessite 3 300 ramets installés sous 700 m^2 de serres** et peut produire 3 000 semences viables par ramet, par année et à partir de l'âge de sept (7) ans.

- le verger à graines conventionnel, constitué de 1 250 ramets après éclaircie et avec un espacement final de 5m X 5m, peut produire 4 000 semences viables par ramet, par année et dès l'âge de 15 ans.

Dans ce même exemple, les auteurs estiment que le verger à graines sous abri pourrait procurer plus de 40 millions de semences viables au cours de la période de temps correspondant à celle qui est nécessaire pour l'entrée en production d'un verger conventionnel, pour la même espèce. (10-15 ans, selon Ross et al, 1985). Ce qui correspondrait à 16 000 ha additionnels de plantation à partir d'arbres de la meilleure qualité génétique possible.

---

* Soit l'épinette d'Engelmann provenant de la région intérieure de la Colombie-Britannique.

** Nécessite une superficie égale à l'extérieur pour placer les récipients

Par ailleurs, l'on est aussi d'avis:

- Que les vergers à graines sous abri peuvent entraîner potentiellement des coûts d'opération plus bas.

- Que les vergers à graines sous abri sont probablement moins coûteux à établir.

- Qu'il peut s'avérer moins onéreux d'avoir à remplacer des ramets individuels, dans un verger à graines sous abri, que tout un verger conventionnel.

- Que des économies sont possibles, en regard de l'induction florale, de la pollinisation, de la protection et de la récolte des cônes rendues plus faciles, étant donné que l'on travaille avec des arbres de plus petite taille.

- Que des économies sont possibles, avec la réduction des coûts associés à une période d'attente plus courte avant l'entrée en production d'un verger à graines sous abri (7 ans/15 ans pour le verger conventionnel).

- Que des économies peuvent aussi être réalisées puisque ce type de vergers à graines (sous abri) peut être localisé sur des sites moins productifs, donc moins dispendieux (Ross et Pharis, 1981) et peut-être aussi, en conjonction avec la production de plants en récipients (Ross et al, 1985).

4.4.6 Perspectives d'avenir

Il paraît indéniable que les vergers à graines sous abri sont promis à un avenir prometteur. Par exemple, il semble que l'on soit sur le point d'entreprendre des essais, sur une base

semi-opérationnelle, avec la pruche de l'Ouest (Tsuga hetero phylla (Raf.) Sarg.) l'épinette d'Engelmann et l'épinette blanche (Picea glauca (Moench) Voss) (Ross et al, 1985). Par contre, l'on souligne aussi que des recherches additionnelles sont nécessaires afin d'améliorer les possibilités d'aménagement et de production (Ross et al, 1985; Ross et Pharis, 1981).

Haeussler et Ross (1981) identifient plusieurs sujets de recherche pour le futur, relativement aux vergers à graines sous abri. Il s'agit de préciser les méthodes, relativement à la supervision et au contrôle du stress hydrique; à l'amélioration des régimes horticoles; à la stimulation de la floraison; à la maturation des cônes et au perfectionnement des régimes devant permettre d'allonger la période durant laquelle la production de cônes sur des arbres en pots peut être réalisée pratiquement et aussi pour augmenter la proportion de pousses avec des potentiels élevés pour la production de cônes mâles et femelles.

Finalement, selon Owens et Blake (1986), les vergers à graines sous abri sont une solution de rechange valable aux vergers conventionnels. Cependant, cette pratique doit être examinée de près avec des espèces les mieux connues (Ex.: épinette blanche).

5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente revue de littérature, réalisée sur la base de plusieurs travaux entrepris ailleurs dans le monde, met en évidence la supériorité, à plusieurs points de vue, des vergers à graines sous abri sur les vergers à graines conventionnels. Par ailleurs, il apparaît que de nombreuses techniques d'avenir, permettant de stimuler la floraison chez de très jeunes arbres, ne seront vraiment applicables que dans de tels vergers.

De plus, la majorité des auteurs consultés affirmaient, il y a de cela quelques années (début des années 80) qu'il restait des améliorations à apporter aux techniques d'aménagement pour une production opérationnelle de semences améliorées génétiquement et à un moindre coût.

Il est raisonnable de penser que des développements tangibles ont pu se produire récemment dans le domaine. Dans ce contexte, de nouveaux résultats pourront devenir disponibles dans un avenir rapproché.

Sur la base des renseignements obtenus au cours de cette recherche, nous convenons des recommandations suivantes:

1. Que l'évolution des travaux en cours concernant les vergers à graines sous abri fasse l'objet d'un suivi attentif.

2. Qu'un projet pilote sur les vergers à graines sous abri soit initié ici au Québec avec l'épinette noire, afin d'obtenir plus de précisions sur la facilité de mettre en pratique les nombreuses techniques développées ailleurs et de connaître les coûts inhérents à leur utilisation.

3. Que des projets additionnels de vergers à graines sous abri soient réalisés avec d'autres essences, sur la base des résultats obtenus avec l'épinette noire.

LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES UTILISÉS*

Amélioration génétique des arbres forestiers

(Forest tree breeding - "Forest tree improvement")

Application des principes de la génétique à l'amélioration des arbres forestiers.

Aptitude spécifique à la combinaison (ASC)

(Spécific combining ability)

L'écart entre la valeur observée et la valeur escomptée d'un croisement en fonction de l'additivité des aptitudes générales à la combinaison (AGC) des parents. L'ASC est égale à l'écart de la valeur phénotypique de la descendance biparentale de la moyenne générale soustraite de la somme des AGC des deux parents.

Arbres-plus (Plus-tree)

Arbre phénotypiquement supérieur à la moyenne des arbres du même âge croissant sur un site de même qualité, que ce soit par son volume, sa qualité, sa résistance ou une combinaison de ces caractères.

Autofécondation (Self-fertilization, Selfing)

Mode de fécondation, par lequel les organes femelles sont fécondés par le pollen du même individu.

---

* Source: Lamontagne et Corriveau, 1982

Clone (Clone)

Tous les individus (ramets) issus d'un même parent (ortet) par voie asexuée. Tous les membres d'un clone sont identiques au point de vue génétique.

Consanguinité (Inbreeding)

Parenté entre individus ayant un ascendant commun. Ex.: les individus descendant d'un même arbre.

Croisement (Cross)

Terme équivalent à hybride.

Cultivar (Cultivar)

Groupe d'individus cultivés, suffisamment intéressants pour être maintenus distincts par reproduction végétative ou sexuée. Abréviation: C.V. Ex.: Populus C.V.

Éclaircie génétique (Roguing)

L'action ou la pratique d'enlever d'un verger à graines certains individus ou clones, en se basant sur les résultats des tests de descendances.

Gain génétique (Genetic gain)

Amélioration moyenne des descendants d'individus sélectionnés par rapport à la génération des parents. Il est fonction de l'intensité de sélection, de la variation et de l'héritabilité du trait considéré.

Génotype (Genotype)

La constitution héréditaire totale (exprimée ou latente) d'un individu en ce qui concerne un ou plusieurs caractères particuliers. Le génotype d'un individu est déterminé au moyen de croisements contrôlés et de tests de descendances. Le génotype, l'environnement et leur interaction déterminent le phénotype.

Hybride (Hybrid)

Descendant d'un croisement entre individus de constitution génétique différente. Le terme est employé aussi bien pour désigner le produit d'un croisement interspécifique que d'un croisement intraspécifique.

Induction florale (Flower induction)

Stimulation de la production des ébauches florales.

Ortet (Ortet)

Plante de laquelle les membres d'un clone sont obtenus. Ex.: l'arbre sur lequel des greffons sont prélevés pour former un clone se nomme ortet.

Phénotype (Phenotype)

L'ensemble des caractères d'un individu résultant de son génotype, du milieu et de l'intéraction de son génotype avec le milieu.

Ramet (Ramet)

Chacun des membres d'un clone. Ex.: si 50 greffons sont prélevés d'un même arbre (ortet) et greffés sur 50 sujets différents, ils forment un clone et chacune des plantes produites par le greffage est un ramet. Les 50 individus résultant du greffage constituent un clone.

Sélection artificielle (Artificial sélection)

Choix, par l'homme, d'individus ou de populations présentant des caractères désirables. Le but est d'améliorer ou de modifier le génotype moyen de la population ou des populations ou encore d'acquérir de plus amples connaissances sur le potentiel hériditaire des individus sélectionnés.

Semences (Seeds)

Toute graine, cône, fruit, strobile, fleur, pollen, plant, bouture de tige, de feuille ou de racine, greffon, marcotte ou toute autre partie de plante destinée à la reproduction (Edwards et al, 1988).

Test de descendances (Progeny test)

Plantation comparative, établie selon un dispositif approprié, permettant l'évaluation de la valeur génétique des parents par les performances de leurs descendants.

Test de provenances (Provenances test)

Test de descendances appliqué à des populations appartenant à la même espèce, mais de provenances différentes, en vue d'étudier leurs performances dans différentes conditions de milieu; de déterminer la distribution de certains caractères de la descendance en fonction de la provenance; d'identifier les provenances les meilleures en vue d'une utilisation sylvicole donnée; d'établir une collection de biotypes de valeur immédiate ou potentielle pour améliorer l'espèce (Métro, 1975).

Variété (Variety)

Groupe taxonomique inférieur à l'espèce ou à la sous-espèce. La variété possède des caractéristiques mineures et se retrouve souvent dans une aire géographique exclusive. Son nom scientifique est précédé de l'abréviation var. Ex.: Picea glauca var. albertiana (S. Brown) (Sarg.).

RÉFÉRENCES

ANON, 1985. Projets de recherche en génétique forestière en cours au Service de la recherche en 1985. Rapport d'étapes. Section de la génétique forestière. Rapport interne. M.E.R. 397 p.

BOYLE, T.J.B., 1986. Future breeding stratégies and the need for early testing in black spruce. in Proc. 30th Ne. For. Tree Improv. Conf., School of For. Res., U. of Maine, Orono. July 22-24 1986. Ed-by M.E. Demeritt jr. 1987. pp. 65-72.

BRAZEAU, M. ET J.M. VEILLEUX, 1976. Bibliographie annotée sur les effets de la fertilisation sur la production de cônes et de semences. Mem. n^{o} 25. Serv. Rech., Dir. gén. des forêts. M.T.F., 25 p.

CHALUPKA, W., 1981. Influence of growth regulators and polythene covers of flowering of Scots pine and Norway spruce grafts. in Silvae genetica 30, 4-5 (1981) pp. 142-146.

CHALUPKA,W. AND M. GIERTYCH, 1977. The effect of the polythene covers on the flowering of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst) grafts. in For. abst. (1981), Vol, 42 (2).

CHALUPKA, W., M. GIERTYCH AND J. KOPCEWICZ, 1982. Effect of polythene covers, a flower inducing treatment, on the content of endogenous gibberelline-like substances in grafts of Norway spruce. in For. Abst. (1982), Vol. 43 (10), p. 644.

CHOLLET, F., 1986. Les vergers à graines forestiers. Revue forestière française; XXXVIII, n^{o} spécial, 1986, pp. 74-80.

CORRIVEAU, A., G. DAOUST ET J. BEAULIEU, 1989. Stimuler la floraison pour accroître la production des semences forestières. Résumé d'essais entrepris en 1987 avec des greffes cultivées en pots. Carrefour de la Recherche forestière 1989. Québec.

EDWARDS, D.G.W.; D.F.W. POLLARD AND B.S.P. WANG, 1988. Guidelines for grading and labelling forest tree seeds in Canada. For. chron., août 1988. pp. 334-344.

FAULKNER, R., 1981. Tree improvement research and development - some thoughts for 1980'S. in Seed orchards and strategies for tree improvement. Proc. of the 18th meet. of the Can. Tree Improv. Ass. Part 2. Duncan, B.C. Aug. 17-20. 1981. Ed. D.F.W. Pollard, D.G. Edwards and C.W. Yeatman. pp. 1-18.

FEILBERG, L. AND B. SOEGAARD, 1975. Historical review of seed orchards. in Seeds orchards. For. comm. bull. nº 54. Ed. Roy Faulkner. London. p. 1-8.

HAEUSSLER, C. AND S.D. ROSS, 1981. Container seed orchard research. in Proc. of. the 18th meet. of the Canadian Tree Improv. Ass. Part. 1. Duncan, B.C. Aug. 18-21. 1981. Ed. C.W. Yeatman. pp. 29-33.

HOLST, M.J., 1971. The stimulation of flowering in spruce and pine. in Proc. of the 18th meet of the Commit. on for. tree breeding in Can. 1970. Dep. Fish. For., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exper. Stn. pp. 125-128.

KONISHI, J., 1985. Review of seed production area and seed orchards management in the Inland Mountain West. in Proc. Conif. tree seed in the Inland Mountain West sympos. Missoula, Montana, Aug., 5-6, 1985. U.S. Depart. Agric. For. Serv. Interm Res. Stn., OGDEN, UT 84401. Gen. Techn. rep. INT-203, April 1986. pp. 145-153.

KOSHI, V., 1975. Broadleaved seed Orchards - Part A - Notes on temperate broadleaved species includind intensive methods for small-seeded species in Seeds Orchards, For. comm. bull. nº 54. Ed. Ray Faulkner. London, pp. 128-130.

LAMONTAGNE, Y. 1978. Introduction aux méthodes d'amélioration des arbres forestiers M.T.F., Serv. de la Restauration, Québec. 30 p.

LAMONTAGNE, Y., 1982. Guide général pour l'établissement des vergers à graines. M.E.R., Serv. Pép. et Rebois. Québec. 12 p.

LAMONTAGNE, Y., 1985. Programme de récolte 1985. M.E.R. Serv. Pép. et Reb. Québec. 72 p.

LAMONTAGNE, Y., 1986. Bilan et orientation dans l'établissement des vergers à graines au Québec in Résumé des conférences présentées dans le cadre du colloque sur l'amélioration génétique des essences forestières. 54e congrès de l'A.C.F.A.S., Montréal. Préparé par T. Morissette, M.E.R., Québec. 13 p.

LAMONTAGNE, Y. 1987. Réseau de vergers à graines. Rapp. int. 1985-86. nº 80 V-6. M.E.R. Rech. et Dévelop. en amélioration de la forêt. 17 p.

LAMONTAGNE, Y. ET A. CORRIVEAU, 1982. Glossaire des termes techniques utilisés en génétique et amélioration des arbres forestiers. Ed. révisée. M.E.R., Serv. des Pép. et du Rebois. Québec. 55 p.

LEPISTO, M., 1973. Accelerated birch breeding in plastic greenhouses. in For. Chron. Aug. 1973. pp. 172-173.

MATTHEWS, J.D., 1963. Factors affecting the production of seed by forest trees. in For. abst. Vol. 24 (1). 13 p.

METRO, A., 1975. Dictionnaire forestier multilingue. Vers. Franç, coll. de terminol. for. multilingue, nº 2, Ass. Franc. des Eaux et Forêts. Cons. Intern. de la langue française. France. 433 p.

OWENS, J.N. ET M.D. BLAKE, 1986. Production de semences forestières. Rapp. d'inf. PI-X-53F, Inst. nat. for. de Petawawa. Serv. Can. des For. 216 p.

RAITANEN, W.E., 1988. "Des forêts d'aujourd'hui naissent les débouchés de demain; cinq stratégies pour produire plus de bois". Alloc. présentée dans le cadre des conf. Consolidated-Bathurst. U.L. Oct. 1988. Québec. 15 p.

ROSS, S.D., 1985. Promotion of the flowering in potted Picea engelmannii (Perry) grafts: effects of heat drought, gibberelline A 4/7 and their timing. Can. J. For. Res. Vol. 15 (4). pp. 618-624.

ROSS, S.D. AND R.P. PHARIS, 1981. Recent developments in enhancement of seed production in conifers in Proc. of the 18th meet. of the Can. Tree Improv. Ass. Part 2. Ed. D.F.W. Pollard; D.G. Edwards and C.W. Yeatman. Duncan. B.C., Aug. 17-20, 1981. pp. 26-38.

ROSS, S.D., A.M. EASTHAM AND R.C. BOWER, 1985. Potential for container seed orchards. in Proc. Conifer tree seed in the Inland Mountain West Symp. U.S.D.A. For. Serv., Interm. Rech. Stn. OGDEN, U.T. 84401. Gen. techn. rep. INT-203. pp. 180-186.

TOMPSETT, B.P. AND A.M. FLETCHER, 1977. Increased flowering of Sitka spruce (Picea sitchensis (Bong.) Carr.) in a polythene house. in Silvae genetica 26, 2-3 (1977). pp. 84-86.

VALLÉE, G., 1988. Projets de R.D. et de production pour la pépinière de Sainte-Luce. Communication écrite adressée à C. Godbout et P. Cornellier, M.E.R. Québec. 6 p.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service de la régénération forestière